

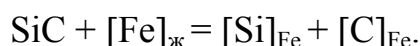
Деревянко И.В., Жаданос А.В.
Национальная металлургическая академия Украины,
г. Днепропетровск
Подольчук А.Д.
ООО «АМЮС», г. Москва
Ihorsic@meta.ua, Alexjad@mail.ru, amus@inbox.ru

ТЕХНОЛОГИЯ РАСКИСЛЕНИЯ СТАЛИ КАРБИДОМ КРЕМНИЯ

Используемая в настоящее время технология производства стали предусматривает при выпуске металла из сталеплавильного агрегата в ковш предварительное раскисление. В качестве раскислителей используются чушковый алюминий (первичный, вторичный), ферросилиций, силикокальций. Расход конкретного раскислителя регламентируется особенностями технологии сталеплавильного агрегата, наличием специального оборудования, окисленностью металла и соответственно наличием указанных материалов.

Технология раскисления основана на высокой раскислительной способности карбида кремния обеспеченной синергетическим эффектом взаимодействия кремния и углерода с растворенным кислородом [1].

Карбид кремния – термодинамически относительно прочное соединение при температурах сталеплавильных процессов он не плавится. Вместе с тем в контакте с расплавом железа SiC активно реагирует с растворением в нем и углерода и кремния по реакции:



Термодинамическая вероятность взаимодействия SiC с жидким железом с растворением кремния и углерода в нем и с образованием 1 %-х растворов может быть оценена по суммарной реакции [2]:

$$\begin{aligned}\text{SiC} &= \text{Si}_{\text{ж}} + \text{C}_{\text{гр}}, \\ \Delta G^0_{\text{T}} &= 100600 - 34,9\text{T}, \text{ Дж/моль}; \\ \text{Si}_{\text{ж}} &= \text{Si}_{(1\%-\text{й р-р в Fe})}, \\ \Delta G^0_{\text{T}} &= -119130 - 25,46\text{T}, \text{ Дж/моль}; \\ \text{C}_{\text{гр}} &= \text{C}_{(1\%-\text{й р-р в Fe})}, \\ \Delta G^0_{\text{T}} &= 22600 - 42,30\text{T}, \text{ Дж/моль}; \\ \text{SiC} &= [\text{Si}]_{\text{Fe}} + [\text{C}]_{\text{Fe}}, \\ \Delta G^0_{\text{T}} &= 4070 - 102,66\text{T}, \text{ Дж/моль}.\end{aligned}$$

Свободный углерод растворяется в жидком железе по эндотермической реакции:

$$C_{св} = [C]_{(1\%-й \text{ р-р в Fe})};$$

$$\Delta G^0_T = 22600 - 42,3T, \text{ Дж/моль.}$$

Растворимость углерода в железе повышается с ростом температуры:

$$[C]_{Fe} = 1,34 + 2,54 \times 10^{-3} t \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Перешедший в металл кремний взаимодействует с кислородом расплава и оксидами железа:

$$[Si] + 2[O] = (SiO_2),$$

$$\Delta G^0_T = -582830 + 219,3T, \text{ Дж/моль};$$

$$\lg K_{Si} = \lg(a_{[Si]} \times a_{[O]}) / a_{SiO_2} = \lg([Si]f_{Si}[O]^2f_{[O]}) = -30371/T + 11,46;$$

$$[Si] + 2(FeO) = (SiO_2) + 2[Fe],$$

$$\Delta G^0_T = -282230 + 121,13T, \text{ Дж/моль};$$

$$\lg K_{Si} = \lg(a_{[Si]} \times a_{[FeO]}) / a_{SiO_2} = \lg((FeO)^2 f_{[FeO]}^2 [Si]f_{Si}) =$$

$$= -14775/T + 6,34.$$

Процесс растворения карбида кремния в Fe-Si-C расплаве не насыщен кремнием и углеродом описывается уравнением Фика для стационарных условий в сферических координатах [3]:

$$(\delta^2 c / \delta R^2) + (2/R)(\delta c / \delta R) = 0,$$

где R – расстояние от центра включения, имеющего радиус r , до некоторой точки в расплаве с концентрацией c .

Скорость взаимодействия лимитируется внутренним массопереносом компонентов на границе раздела SiC – жидкий металл, при этом время растворения зависит от размера частицы:

$$T = 3,06 r_0^2.$$

Анализ полученных результатов показывает, что для раскисления и легирования стали целесообразно использовать карбид кремния с диаметром частиц до 10 мм.

Список источников

1. Пат. РФ. 2247158 МКИ 7 C2117/00. Способ внепечного легирования железоуглеродистых сплавов в ковше / А.Д. Подольчук, М.И. Гасик, В.В. Сербин, И.В. Деревянко и др., опубл. 27.02.05. Бюл. № 6.
2. Овчарук А.Н., Деревянко И.В., Семенов И.А., Щербань И.М. Термодинамические основы получения карбида кремния и особенности взаимодействия его с железоуглеродистым расплавом // Наукові праці

«Прогресивні енерго- і ресурсозберігаючі технології та обладнання в електротермії феросплавів». Том 6. Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии». 2003. С. 369–371.

3. Деревянко И.В., Жаданос А.В., Гасик М.И. Кинетическая модель взаимодействия карбида кремния с железоуглеродистым расплавом // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. 2006. № 3. С. 30–32.